

中国内地水库淤积的差异性分析

田海涛 张振克 李彦明 孟红明

(南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室 , 江苏 南京 210093)

摘要 : 为了解水库的淤积现状 , 根据 115 座具有代表性的中国内地水库淤积资料 , 对这些水库按类型和区域进行统计分析 , 结果表明 , 中小型水库比大型水库淤积严重 , 不同流域水库淤积的空间差异明显 , 黄河中下游地区水库淤积比例最大 , 西南地区水库年均淤积率最大。截止到 2003 年 , 根据代表性水库淤积的计算结果推算出中国内地水库的平均淤积比例约为 20% , 库容年均淤积率为 0.76% , 相当于每年损失 1 座库容近 42.3 亿 m³ 的超大型水库。

关键词 : 水库淤积 ; 区域差异 ; 年均淤积率 ; 中国内地

中图分类号 : TV62 ; TV145 文献标识码 : A 文章编号 : 1006-764X(2006)06-0028-06

Differences in reservoir sedimentation in Inland China//TIAN Hai-tao , ZHANG Zhen-ke , LI Yan-ming , MENG Hong-ming (Key Laboratory of Coast and Island Development of Ministry of Education , Nanjing University , Nanjing 210093 , China)

Abstract : Based on the data of sedimentation of 115 representative reservoirs in Inland China , a statistical analysis is made on reservoir sedimentation of different types in different regions. The result shows that the sedimentation in small- and medium-scale reservoirs is more serious than that in large-scale reservoirs , that there are obvious spatial differences in reservoir sedimentation in different river basins , that the loss of reservoir storage capacity in the middle and lower reaches of the Yellow River is the largest , and that the average annual rate of reservoir sedimentation in southwest China is the highest. According to the calculated result of sedimentation from data of the representative reservoirs by the end of 2003 , it is derived that the average sedimentation ratio of reservoirs in Inland China is about 20% , and the average annual loss of reservoir storage capacity reaches 0.76% . The amount of annual sedimentation almost equals to the capacity of a super-sized reservoir with the volume of 42.3 × 10⁸ m³ .

Key words : reservoir sedimentation ; regional difference ; annual rate of sedimentation ; Inland China

水库具有提供城乡生产生活用水、开展淡水养殖、旅游观光、水力发电、水上运输和调节区域气候等功能。据中华人民共和国 2003 年水利统计公报 , 我国有水库 85 135 座 , 总库容 5 658 亿 m³ , 其中大型水库 453 座 , 总库容为 4 278 亿 m³ , 而库容大于 20 亿 m³ 的超大型水库有 47 座 , 总库容约为 3 650 亿 m³。我国河流泥沙含量较高 , 水库淤积严重 , 库容损失不仅导致蓄水能力下降 , 而且影响其他效益的发挥 , 如淤积上延影响上游生态环境 , 变动回水区的冲淤带来航运不便 , 库内淤泥恶化水质 , 坝前淤积影响枢纽安全运行 , 水库泄水改变下游河道等。本文通过对水库淤积资料的统计计算 , 分析不同类型水库及不同流域内水库淤积的差异性 , 并估算中国内地水库的淤积量。研究结果对于认识水库淤积的现状 , 从宏观上制定水库淤积治理方案有重要的现实意义。

1 资料来源

水库资料主要引自近年来公开发表的水库淤积

论文 , 涉及水库淤积观测与预期模拟分析、防淤减淤理论方面的探索总结和水库淤积的环境影响等 , 并采用相关水利部门的统计资料。引用的资料时间上有差异 , 涉及中国不同区域 , 其中有超大型水库 13 座 , 大型水库 50 座 , 中型水库 23 座 , 小型水库 29 座 , 详见表 1。

2 统计分析

根据某水库截止到统计年份的淤积情况 , 考虑结合统计时段 n , 将水库的淤积损失库容 V_{los} 与建库时的初始库容 V_{pri} 比较可得该水库淤积比例 p , 由此可计算统计时段 n 内水库的年均淤积库容 V_{ave} , 并与初始库容比较计算出各水库库容年均淤积率 r :

$$p = \frac{V_{\text{los}}}{V_{\text{pri}}} \times 100\% \tag{1}$$

$$V_{\text{ave}} = \frac{V_{\text{los}}}{n} \tag{2}$$

表 1 本文引用的水库资料

流域	超大型水库($V>20$ 亿 m^3)		大型水库($V=1\sim20$ 亿 m^3)		中型水库($V=0.1\sim1$ 亿 m^3)		小型水库($V<0.1$ 亿 m^3)	
	数量	名 称	数量	名 称	数量	名 称	数量	名 称
松花江					4	群 昌 ^[1] , 欢 欣 ^[2] , 二 岭 ^[62] , 寿山 ^[62] , 二 龙山 ^[63]	8	马 鞍 山 ^[23] , 大 沟 ^[24] , 泉 眼 ^[24] , 中 心 ^[24] , 大 榆 树 ^[24] , 南 蓬 ^[24] , 沟 家 店 ^[62] , 后 头 嘴 ^[62]
辽 河	1	红 山 ^[2, 25]	3	清 河 ^[3] , 白 石 ^[28-29] , 二 龙 山 枢 纽 ^[64]	1	闹 得 海 ^[65]	14	官 地 ^[24] , 全 胜 ^[24] , 十 字 街 ^[26] , 跃 进 ^[26] , 周 家 岗 ^[26] , 萌 芽 ^[26] , 丁 家 ^[26] , 山 城 ^[26] , 江 山 头 ^[26] , 高 桥 水 ^[26] , 桦 木 ^[26] , 范 家 山 ^[26] , 清 沟 子 ^[27] , 二 十 家 子 ^[62]
海 河	1	官 厅 ^[28-29]	9	黄 壁 庄 ^[17] , 横 山 岭 ^[17] , 王 快 ^[17] , 西 大 洋 ^[17] , 安 各 庄 ^[17] , 云 州 ^[17] , 庙 宫 ^[5] , 岗 南 ^[6] , 岳 城 ^[66]	1	白 河 堡 ^[30]		
淮 河	2	响 洪 甸 ^[7] , 梅 山 ^[7]	5	佛 子 岭 ^[7] , 龙 河 口 ^[7] , 白 沙 ^[31] , 石 漫 滩 ^[32] , 石 梁 河 ^[33]	1	岳 西 毛 尖 山 ^[7]	1	岳 西 金 山 ^[7]
黄 河	5	龙 羊 峡 ^[8] , 刘 家 峡 ^[31] , 青 峰 岭 ^[31] , 三 门 峡 ^[70] , 小 浪 底 ^[71]	18	盐 锅 城 ^[9] , 青 铜 峡 ^[10] , 长 山 头 ^[31] , 石 峡 口 ^[31] , 张 家 湾 ^[31] , 巴 家 嘴 ^[34] , 册 田 ^[11] , 张 峰 ^[12] , 冯 家 山 ^[13] , 陆 浑 ^[31] , 窄 口 ^[31] , 冶 源 ^[31] , 文 峪 河 ^[31] , 羊 毛 湾 ^[31] , 王 瑶 ^[31] , 鱼 岭 ^[39] , 石 泉 ^[40] , 汾 河 ^[67]	10	东 峡 ^[31] , 鸚 鹄 嘴 ^[35] , 三 盛 公 ^[36] , 夏 寨 ^[37] , 镇 子 梁 ^[31] , 古 仙 洞 ^[41] , 蔡 庄 ^[42] , 天 桥 ^[43] , 洋 县 ^[44] , 段 家 峡 ^[57]	2	十 八 里 铺 ^[22] , 郭 家 寨 ^[45]
长 江	4	隔 河 岩 ^[14] , 万 安 ^[15] , 丹 江 口 ^[31] , 三 峡 ^[72]	10	铁 山 ^[4] , 柘 溪 ^[16] , 明 山 ^[31] , 白 莲 河 ^[31] , 黄 龙 滩 ^[31] , 长 岗 ^[31] , 上 犹 江 ^[31] , 石 门 ^[31] , 龚 嘴 ^[38, 46] , 碧 口 ^[47-48]	3	南 沙 河 ^[31] , 红 寺 坝 ^[31] , 牛 形 山 ^[53]	2	安 化 东 乡 ^[17] , 裕 民 ^[50]
珠 江			3	大 化 ^[18] , 长 湖 ^[51] , 西 津 ^[52]	2	西 丽 ^[53] , 深 圳 ^[69]		
西南诸河			1	漫 湾 ^[68]			1	水 槽 子 ^[54]
内流区			1	克 孜 尔 ^[55]	1	头 屯 河 ^[19]	1	铁 门 关 ^[56]
总 计	13		50		23		29	

3 分析结果

同类型水库淤积总库容求和并与该类型水库总初始库容相比得该类型水库淤积比例 p_i ,同类型水库年均淤积库容求和并与该类型水库总初始库容相比得该类型水库年均淤积率 r_i :

$$r = \frac{V_{ave}}{V_{pri}} \times 100\% \tag{3}$$

$$p_i = \frac{\sum_{i=1}^4 V_{losi}}{\sum_{i=1}^4 V_{prii}} \times 100\% \tag{4}$$

$$r_i = \frac{\sum_{i=1}^4 V_{avei}}{\sum_{i=1}^4 V_{prii}} \times 100\% \tag{5}$$

其中 i 为水库类型 , $i=1,2,3,4$,分别代表超大型、大型、中型和小型水库。

全国年均淤积总库容 $V_{sum\ los}$ 可由不同类型水库的年均淤积率 p_i 与相应库容 V_i 相乘后求和估算 :

$$V_{sum\ los} = \sum_{i=1}^4 V_i p_i \tag{6}$$

分析水库淤积基本资料 ,按库容大小和所在流域分别统计得出中国内地各类型水库淤积情况(表 2)和各流域水库淤积现状(表 3) ,由此可看出中国内地现存水库淤积的特征主要表现在以下两个方面 ,并宏观计算出水库淤积状况。

表 2 中国内地不同类型水库的淤积情况

水库类型	库容/ 万 m^3	淤积量/ 万 m^3	淤积 比例/%	年淤积 库容/ 万 m^3	年均淤 积率/ %	水库 数量/ 座
超大型	7 559 645	1 211 785	16.03	36 145	0.48	13
大型	2 818 958	531 860	18.87	27 618	0.98	50
中型	1 024 491	30 557	29.81	1 339	1.31	23
小型	8 565	2 484	29.00	101	1.18	29

表 3 中国内地水库淤积的空间差异

水库所在流域	库容淤积比例/%	库容年均淤积率/%
松花江	10.0	0.24
辽 河	24.7	0.65
海 河	14.5	0.43
淮 河	1.7	0.07
黄 河	22.3	0.72
长 江	10.5	0.44
珠江、西南诸河	15.9	2.46
部分内流河	18.5	0.92

3.1 不同类型水库淤积差异显著

3.1.1 超大型及大型水库的淤积情况

超大型、大型水库库容淤积比例小 ,年均淤积率亦小。对 13 座超大型水库的淤积资料进行分析 ,结果表明 ,库容损失绝对量大 ,但因原库容较大 ,淤积比例为 16.03% ,年均淤积率仅为 0.48% ,在 4 类水库中最低。大型水库比超大型水库淤积略显严重 ,统计的 51 座大型水库平均淤积比例为 18.87% ,高出超大型水库 2.84% ,库容年均淤积率为 0.98% ,是超大型水库的 2 倍多(见表 2)。

3.1.2 中小型水库的淤积情况

中小型水库淤积严重 ,淤积比例大 ,库容年均淤积率大。统计结果表明 ,中小型水库淤积率显著提高 ,年均淤积率为 1.30% ,其中中型水库淤积比例达 29.81% ,比大型水库的淤积比例高 10% ,库容年均损失 1.31% ,为 4 类水库之首 ;小型水库库容淤积比例为 29% ,接近中型水库 ,但年均淤积率略小于中型水库 ,每年损失 1.18% 的库容(见表 2)。总体看来 ,中小型水库比大型水库的库容损失更快、淤积

问题更严峻。

3.2 不同流域水库淤积差异显著

中国水土流失十分严重 ,国家环保总局公布的《2004 年中国环境状况公报》显示 ,全国水土流失面积为 $3.56 \times 10^6 \text{ km}^2$,占国土面积的 37.1% ,各流域千差万别 ,水库淤积现状也各不相同(表 3) ,部分流域内部也存在差异 ,淤积较为严重的水库基本情况见表 4。

3.2.1 松辽流域水库淤积情况

本区有大型水库 63 座、中型水库 249 座^[73]。松花江流域水库淤积比例仅为 10% ,年均淤积率为 0.24% 左右 ,辽河流域淤积现状比松花江略严峻 ,淤积比例达 24.7% ,年淤积率为 0.65%。表 4 中位于西辽河支流老哈河的红山水库为该区淤积较严重的水库 ,流域系黄土丘陵区 ,植被覆盖差 ,水土流失严重 ,1960 ~ 1999 年共淤积泥沙 9.41 亿 m^3 ,占总库容的 36.8%^[2 25]。

3.2.2 海河流域水库淤积情况

据统计^[74] ,海河流域内有大型水库 33 座、中型

表 4 中国部分水库的淤积情况

流 域	水库名称	总库容/ 万 m^3	淤积库容/ 万 m^3	淤积比例/ %	年均淤积库容/ 万 m^3	年均淤积率/ %	统计时段
松花江	沟家店	662	273.6	41.4	9.78	1.48	1963 ~ 1990 年 ^[62]
	后头哨	152	48	31.5	2.67	1.76	1973 ~ 1990 年 ^[62]
	马鞍山	108	60	55.6	3.75	3.47	1978 ~ 1994 年 ^[28]
	泉眼购	67	23	34.4	1.28	1.91	1974 ~ 1991 年 ^[24]
	大沟	62	21.3	34.4	0.71	1.15	1962 ~ 1991 年 ^[24]
辽 河	红山	256 000	94 100	36.8	2 476.3	0.97	1960 ~ 1999 年 ^[2 25]
海 河	庙宫	18 300	9 600	52.5	240	1.31	1960 ~ 1999 年 ^[17]
淮 河	岳西金山	43	43	100	1.26	2.94	1961 ~ 1994 年 ^[60]
黄 河	三门峡	964 000	701 600	72.8	17 540	1.82	1960 ~ 2000 年 ^[70]
	汾 河	72 100	36 313	50.4	907.8	1.26	1961 ~ 2001 年 ^[67]
	青铜峡	60 600	58 073	95.8	2 002.5	3.30	1967 ~ 1996 年 ^[10]
	册 田	58 333	21 000	36.0	725	1.77	1960 ~ 1990 年 ^[11]
	巴家嘴	51 100	33 300	65.2	792.9	1.55	1962 ~ 2003 年 ^[34]
	盐锅城	23 200	18 899	81.5	630	2.70	1958 ~ 1998 年 ^[9]
	王 瑶	20 300	7 700	37.9	427.8	2.11	1972 ~ 1990 年 ^[31]
	张家湾	11 900	10 100	84.5	2 020	16.97	1959 ~ 1964 年 ^[56]
	三盛公	9 525	5 622	59.0	148	1.55	1961 ~ 1999 年 ^[36]
	天 桥	8 346	5 791	69.4	316.4	3.79	1973 ~ 1991 年 ^[43]
	东 峡	7 700	4 100	53.7	170.8	2.22	1959 ~ 1983 年 ^[31]
	镇子梁	3 600	2 900	80.0	207.1	5.75	1959 ~ 1973 年 ^[31]
	蔡 庄	2 070	1 260	61.9	42	2.03	1960 ~ 1989 年 ^[42]
	夏 寨	1 935	740	38.2	27.4	1.42	1972 ~ 1999 年 ^[37]
	郭家寨	99	52.9	53.4	1.556	1.57	1959 ~ 1993 年 ^[49]
长 江	碧 口	53 750	27 950	52.0	1 270.1	2.36	1975 ~ 1996 年 ^[47-48]
	龚 嘴	37 370	24 300	65.0	867.9	2.32	1971 ~ 1998 年 ^[38]
	裕 民	800	398	49.8	9.26	1.16	1958 ~ 2000 年 ^[50]
	安化东乡	10.5	7.12	67.8	0.23	2.19	1958 ~ 1998 年 ^[61]
西南诸河	水槽子	958	815	85.1	35.4	3.70	1958 ~ 1981 年 ^[54]
部分内流河	头屯河	2 000	1 200	60.0	51.86	2.60	1971 ~ 1993 年 ^[19]
	铁门关	714	245	34.3	16.3	2.29	1978 ~ 1993 年 ^[56]

水库 104 座。统计资料中淤积库容占总库容的 14.5%。官厅水库是该区内淤积较严重的一座水库,据 1953~2000 年实测资料^[28-29],官厅水库累计淤积 $6.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,占原设计库容的 29%。

3.2.3 淮河流域水库淤积情况

淮河流域在七大流域中淤积最轻,各库泥沙冲淤基本平衡,库容损失较小,该区的几座大型水库^[7]如响洪甸水库、梅山水库、龙河口水库、佛子岭水库及白沙水库^[31]等库容损失比例均在 10% 以下,各水库年均淤积率小于 0.1%。

3.2.4 黄河流域水库淤积情况

黄河上游水库淤积比例为 8.6%,年均淤积率为 0.41%,黄河中下游水库淤积比例为 50.7%,是全国最高值,库容年均淤积率中下游比上游地区高 0.95%。表 4 中淤积较严重的水库位于黄河流域的占 51.6%,本区水库平均淤积比例为 22.3%,比 1990~1992 年对黄河全流域的水库泥沙淤积调查^[70]所得的 21% 略高。1990~1992 年调查结果中,支流水库淤积比例是 26%,明显高于干流(19%)。

3.2.5 长江流域水库淤积情况

长江流域内有 138 座大型水库、971 座中型水库、约 4.5 万座小型水库,多分布于支流上,是中国水库最集中的地区^[73]。本流域大部分水库淤积情况不严重,平均淤积比例为 10.5%,年均淤积率仅 0.44%。上游部分水库淤积十分严重,龚咀水库^[38 46]、碧口水库^[47-48]、裕民水库^[50]的平均淤积比例高达 57.3%,年均淤积率为 2.34%,远远高出 1992 年对长江上游水库进行淤积调查所得的年均淤积率(0.68%)^[71]。

3.2.6 珠江及西南诸河流域水库淤积情况

珠江流域^[75]已建 70 座大型水库、593 座中型水库,西南流域水库较少^[73]。据统计资料计算,该区水库淤积比例为 15.9%~2.46% 的年均淤积率为全国最高,是黄河中下游年均淤积率的 1.8 倍。澜沧江上漫湾水库淤积突出,1993 年蓄水后 3 年内就淤积了计划中 5 年的库容——19.2 亿 m^3 ,占总设计库容的 18.1%^[68]。云南水槽子水库是该区一座淤积十分严重的小型水库,淤积库容比例早在 1981 年就高达 85.1%^[54]。

3.2.7 部分内流区水库淤积情况

主要对西北内流区克孜尔水库^[55]、铁门关水库^[56]、头屯河水库^[19]的淤积情况进行计算,得出平均淤积比例为 18.5%,库容年均淤积率为 0.92%。

3.3 水库淤积量的计算

本文统计的水库总淤积库容占初始总库容的 13.35%,考虑类型差异会造成一些计算误差,采用以下公式校正:

$$P = \frac{V_{\text{sum los}}}{V_{\text{sum}}} \times 100\% \tag{7}$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^4 V_{\text{ave los } i} R_i}{V_{\text{sum}}} \times 100\% \tag{8}$$

式中: P 为水库平均淤积比例; V_{sum} 为总库容; R 为库容年均淤积率; $V_{\text{ave los } i}$ 为第 i 类水库年均淤积总库容。

我国超大型(除三峡、小浪底水库)、大型、中小型水库^①的库容分别为 3 130 亿 m^3 , 628 亿 m^3 , 1 380 亿 m^3 ^[76]。将表 2 中各类型水库年均淤积率及相应库容代入公式(6)~(8),估算得中国内地水库(除三峡、小浪底水库)平均淤积比例 $P = 20\%$,年均淤积率 $R = 0.76\%$,每年淤积库容约 39 亿 m^3 。三峡水库于 2003 年 6 月开始蓄水至 12 月库内淤积泥沙 1.24 亿 t ^[73],小浪底水库在 1997 年开始拦截泥沙,运行至 2003 年后库内泥沙总量已经达到 14.16 亿 m^3 ^[71],即包括三峡水库和小浪底水库,我国每年总淤积库容达 42.3 亿 m^3 。考虑资料中淤积已严重的水库较多,以及本文统计不全面和统计时段差异,故结果可能偏高。

4 讨论

根据 115 座水库的基本淤积资料,统计分析了我 国水库的严重淤积现状,揭示出不同类型和流域水库淤积状况具有显著差异性的特点。中型和小型水库库容淤积比例分别为 29.81% 和 29.00%,年均淤积率分别为 1.31% 和 1.18%,明显高于大型水库。流域间水库淤积情况明显不同:松辽流域水库淤积接近全国平均水平,海淮流域库容损失最小,黄河流域淤积最突出,淤积比例为 50.7% 的中下游地区水库是全国水库淤积最严重的区域,且黄河上游水库淤积明显弱于中下游水库;长江流域水库淤积较小,但部分上游水库淤积严重,珠江流域水库淤积比例中等;西南部分水库年均淤积率为 2.46%,居各流域之首;西北内流区的几座水库淤积情况类似于全国大型水库的平均淤积现状。

我国水库平均淤积比例约为 20%,年均库容淤积率为 0.76%,每年损失库容约 42.3 亿 m^3 ,彭珂珊^[77]估算我国因淤积而损失的库容已累计达

200 亿 m^3 淤积现状十分严峻。其中既有自然因素,也包括人类不合理的社会经济活动影响,具体成因分析尚待进一步研究。考虑中国 20.1 亿 t 的多年平均入海泥沙量^[78],我国每年水土流失总量远高于水土保持部门公布的 50 亿 t,应对我国水土流失的严重性进一步提高认识,并尽快寻求对策。

参考文献:

[1] 于永泉,张文斌,沈敬学,等.群昌水库泥沙淤积问题的探讨[J].吉林水利,1995(2):11-12.

[2] 姜乃森,张启舜,刘玉中.红山水库泥沙淤积问题的分析[J].泥沙研究,1990(4):18-28.

[3] 闫铁奎,张勤,许鹏,等.数字化测图在清河水库淤积测量中的应用[J].工程勘察,2000(6):52-54.

[4] 曹伟东,刘造廉.铁山水库淤积简易测算[J].湖南水利水电,2001(纪念《水土保持法》颁布 10 周年增刊):50-51.

[5] 蒋淑杰.庙官水库减缓预计调度方式初探[J].河北水利,2004(8):24.

[6] 李文国,张洪瑞,尚国龙.岗南水库泥沙淤积趋势预估[J].水文,2003,23(3):55-58.

[7] 阮云峰,李鸿翔.我省几座大型水库淤积情况介绍[J].安徽水利科技,1990(1):44-50.

[8] 李万寿,冯玲,高学军.龙羊峡水库泥沙淤积量的估算[J].西北水电,2001(4):3-5.

[9] 张毅.盐沟峡水库泥沙淤积测验基本情况分析[J].大坝与安全,1999(1):14-21.

[10] 李天全.青铜峡水库泥沙淤积[J].大坝与安全,1998(4):21-27.

[11] 兰艇雁,王树林,王翠萍.册田水库的浸没预测与预防[J].山西水利科技,1999(增刊):56-58.

[12] 尹立生.张峰水库库区泥沙淤积预测[J].科技情报开发与经济,2004(10):197-199.

[13] 林劲松.冯家山水库排沙运用及水库淤积分析[J].西北水资源与水工程,2002,13(1):37-40.

[14] 段光磊,彭严波.清江隔河岩水库泥沙淤积计算分析[J].人民珠江,2003,34(7):23-25.

[15] 申彦林.万安水库泥沙淤积浅析[J].江西地质,1991(2):163-167.

[16] 孙蕾,方建武.拓溪水库泥沙淤积情况调查简介[J].泥沙研究,2003(3):71-73.

[17] 于京要.河北省大型水库淤积初析[J].河北水利科技,1994,15(3):40-43.

[18] 韦群英.大化水库库区泥沙淤积现状分析及最终淤积预测[J].广西水力发电,1997(4):33-37.

[19] 陈亚宁,陈利军,李卫红.天山北坡水库泥沙淤积情势分析——以头屯河为例[J].干旱区资源与环境,1996,10(1):66-71.

[20] 毛荣生,吴飞.陆水水库 30 年来泥沙淤积研究[J].水利水电技术,1994(5):40-44.

[21] 夏迈定.西郊水库泥沙淤积及其减淤措施[J].西北水资源与水工程,2000,11(2):9-13.

[22] 高红杰.古浪十八里铺水库坍岸预测及灾害防治[J].甘

肃科技学报,2003,15(S1):163-166.

[23] 李振贵.马鞍山水库库区淤积及对策[J].吉林水利,1994(9):36-37.

[24] 张荣兴.吉林省小型水库淤积特征的探讨[J].东北水利水电,1992(4):19-23.

[25] 周赤建,朝伦巴根.红山水库淤积规律研究[J].泥沙研究,2005(1):63-68.

[26] 朱苏云,李松,金冶,等.东港市水库泥沙淤积的初步分析[J].东北水利水电,2003,21(1):24-25.

[27] 韩其为,杨小庆.我国水库泥沙淤积研究综述[J].中国水利水电科学研究院学报,2003,1(3):169-178.

[28] 冯伶来,李运来,王净,等.官厅水库近十年来的淤积发展[J].北京水利,1998(4):48-52.

[29] 王延贵,胡春宏.官厅水库淤积特点及拦门沙整治措施[J].泥沙研究,2003(6):25-30.

[30] 王理许,黄炳彬,府仁寿,等.白河堡水库泥沙淤积综合治理研究[J].北京水利,2003(4):25-29.

[31] 姜乃森,傅玲燕.中国的水库泥沙淤积问题[J].湖泊科学,1997,9(1):1-8.

[32] 方法明,袁自立,齐翠阁.石漫滩水库库区泥沙淤积与防治措施[J].治淮,2005(1):43.

[33] 陈月秋.石梁河水库自然地理概况与泥沙淤积特征[J].湖泊科学,1992,4(5):69-77.

[34] 高鹏飞.前夕八家嘴水库泥沙淤积成因及对策[J].甘肃农业,2004(8):119.

[35] 张向军,师福林.浅析鸛鸽嘴水库泥沙淤积与防治[J].甘肃水利水电技术,2004,40(1):51-52.

[36] 李永利,刘来勇,沈洪.黄河三盛公水利枢纽库区泥沙淤积及减淤措施[J].内蒙古水利,2001(专刊):28-30.

[37] 王少波,解建仓,王新军.宁夏南部山区水库淤积改造及运用方式研究[J].西北水力发电,2004,20(2):16-19.

[38] 黄国辉.龚咀水库泥沙淤积与水轮机磨损[J].四川水力发电,1999,18(4):33-36.

[39] 刘书榜,冯东玲.鱼岭水库泥沙淤积成因分析及排沙减淤措施[J].西北水资源与水工程,2002,13(2):46-51.

[40] 刘基兴.石泉水库泥沙调度探索[J].西北水利技术,1999(5):39-40.

[41] 卢大有.古仙洞水库产沙成因及治理对策[J].西北水力发电,2004,20(1):168-170.

[42] 刘学文,张建军,曹振平,等.蔡庄水库泥沙淤积现状及减淤对策[J].山西水利科技,1999(3):49-53.

[43] 刘守忠,周满生,马伯龙.黄河天桥水库的运用方式与库区淤积[J].陕西水力发电,1996,12(2):41-47.

[44] 何兴文.洋县水库泥沙淤积分析及减淤措施探讨[J].西北水力发电,2004,20(1):179-180.

[45] 贾海峰,吴钦,凌来文,等.郭家寨水库冲滩造槽排沙试验[J].山西水利科技,1994(4):58-62.

[46] 林承坤.大渡河龚咀水库泥沙特性与淤积[J].湖泊科学,1992,4(2):11-18.

[47] 于广林.碧口水库泥沙淤积与水库运用的研究[J].水力发电学报,1999(1):59-67.

[48] 何录台.碧口水库泥沙淤积规律及控制[J].西北电力技术,2000(4):49-52.

[49] 牛形山水库淤积实验课题组.牛形山水库泥沙淤积与减淤措施的实验研究[J]. 水利水电技术 ,1994(4) :52-58.

[50] 刘耀文.论裕民水库的泥沙淤积[J]. 四川水利 ,1998 (3) 21-25.

[51] 刘秀玉.长湖水库泥沙淤积测量分析[J]. 大坝与安全 , 1998(1) 58-62.

[52] 张星.西津水电站水库泥沙淤积研究[J]. 人民珠江 , 2003(2) 5-7.

[53] 王铁海 陈春浩.西丽水库泥沙问题及对策分析[J]. 人民珠江 2004(5) :15-17.

[54] 黄根生.论水槽子水库的清淤[J]. 华北水利水电学院学报 2001 22(3) 87-89.

[55] 安小敏.克孜尔水库库区泥沙淤积现状及排沙方案[J]. 大坝与安全 2003(4) :10-12.

[56] 彭南.铁门关水库洪水泥沙特性及防洪排沙调度[J]. 大坝与安全 2001(4) 27-28.

[57] 李惠武 王全勤 蒋陇平.段家峡水库的调度运用和泥沙淤积[J]. 陕西水利 ,1994(1) :18-19.

[58] 潘贵娥 韩义超 游伟.白石水库泥沙淤积及减淤问题的探讨[J]. 水利规划 ,1998(2) 35-38.

[59] 曹文洪 姜乃森 傅玲燕 等.白石水库泥沙问题的试验研究[J]. 水利水电技术 ,1997(9) 20-23.

[60] 虞邦义 葛国兴 左廓厚.安徽水库淤积问题及其防治措施[J]. 南昌水专学报 ,1994(1) 80-84.

[61] 卢大发 谭立涛 李灿.浅析水库的预计与防治[J]. 湖南水利水电 ,1999(6) 32-33.

[62] 杨春富 许维民 齐冲.泥沙淤积对水库寿命的危害及防治对策[J]. 吉林水利 ,1991(5) 31-32.

[63] 勇丽波 王旭龙 石长全.二龙山流域(水库旅游)生态环境保护对策[J]. 水土保持科技情报 ,2004(5) 38-39.

[64] 刘崇楼 王春梅 明连湖.二龙山水库水质污染暨预计问题浅析[J]. 东北水利水电 2000 18(12) 44-45.

[65] 尹学良.闹得海水库库区及下游河道的变化[J]. 水利学报 ,1997(7) 53-59.

[66] 高虎城.岳城水库淤积问题及对下游河道的影响[J]. 河北水利 2003(4) 46.

[67] 梁晋芳 梁艳芳.浅析汾河水库的淤积及防治[J]. 山西水利 2003(2) :77-78.

[68] 王平 王金亮.漫湾水电站库区自然生态环境变化浅析[J]. 云南教育学院学报 ,1999 ,15(5) 60-64.

[69] 李永进.深圳水库泥沙淤积对水质的影响及其对策[J]. 中国农村水利水电 2003(11) :74-76.

[70] 中华人民共和国水利部.中国河流 2001 年泥沙公报(长江、黄河) [EB/OL].[2002-09-01]. <http://www.hydroinfo.gov.cn/gh/hlnsgh.asp>.

[71] 中华人民共和国水利部.中国河流 2003 年泥沙公报[EB/OL].[2004-09-01]. <http://www.hydroinfo.gov.cn/gh/hlnsgh.asp>.

[72] 中华人民共和国水利部长江水利委员会.2003 年长江泥沙公报[EB/OL].[2004-09-01]. <http://www.cjh.com.cn/admin/fileShow.asp>.

[73] 中华人民共和国水利部.2003 年各流域水资源公报[EB/OL].[2004-09-10]. <http://www.mwr.gov.cn/ztbd/zgszygh/index.asp>.

[74] 中华人民共和国水利部海河水利委员会.海河流域概况[EB/OL].[2004-06-01]. <http://www.hwcc.com.cn/haiwei>.

[75] 中华人民共和国水利部珠江水利委员会.珠江概况[EB/OL].[2004-06-01]. <http://www.pearlwater.gov.cn/zjgk/index.jsp>.

[76] 中华人民共和国水利部.2003 年中国水利公报[EB/OL].[2004 - 08 - 30]. http://www.cws.net.cn/cwsnet/CWSArticle_View.asp.

[77] 彭珂珊.走向 21 世纪困扰中国经济发展的水资源问题[J]. 社会科学战线 ,1999(1) 52-57.

[78] 程天文 赵楚年.我国沿岸入海河川径流量与输沙量的估算[J]. 地理学报 ,1984 39(4) 418-426.

(收稿日期 2005-11-25 编辑 高建群)

·小资料·

我国现有的长距离大容量高压直流输电线路

序号	线路名称	起迄地点	电压等级/ kV	线路长度/ km	额定容量/ 万 kW	开工时间	投入运行时间	
							单级	双级
1	葛上线	葛洲坝—上海南桥	± 500	1045	120	1985-10	1989-09	1990-08
2	天广线	天生桥—广州	± 500	960	180	1996	2000-12	2001-06
3	三常线	三峡龙泉—常州政平	± 500	890	300	2000-07	2002-12	2003-05
4	贵广线	贵州安顺—广东肇庆	± 500	940	300	2001-11	2004-06	2005-06
5	三广线	湖北荆州—广东惠州	± 500	941	300	2002-04	2004-02	2004-05
6	贵广二四	贵州兴仁—广东深圳	± 500	1 230	300	2004	(2007-06)	(2007-12)
7	三沪线	湖北宜都—上海华新	± 500	1 100	300	2005-05	(2007-03)	(2007-06)
8	云广线	云南楚雄—广东穗东	± 800		500	2006-06	(2009-06)	(2010-06)
9	小花线	云南小湾—广东花都	± 500	1 500	300			
10	锦吴线	锦屏一级—江苏吴江	± 800	2 300	640			

注 括号内为计划投入运行时间。

(吴 高供稿)